

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ

Аксёнов А.В., Медведев А.С., Силич М.П.

Томский политехнический университет
image@tpu.ru

Введение

Тема обеспечения энергетической эффективности является одной из наиболее острых в России и мире. Она взаимосвязана со всеми сферами деятельности и влияет на результативность работы во всех направлениях экономического развития. Показателем важности данной проблемы может служить подписание в 2009 году Президентом Российской Федерации Медведевым Д.А. Федерального закона №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», основной целью которого является снижение энергопотребления на 40% к 2020 году [1].

Энергоёмкость экономики России является весьма высокой, и она продолжает увеличиваться. Удельные энергозатраты российской экономики возросли с 1990 до 2008 года в 1,45 раза, и в настоящее время энергоёмкость российского валового внутреннего продукта выше среднего показателя стран Евросоюза в 3 раза [2]. Высокие энергозатраты значительно уменьшают эффективность и конкурентоспособность российской экономики: повышаются тарифы на тепловую и электрическую энергию, снижается жизненный уровень населения, исчезают стимулы к развитию реального производства, к вложению инвестиций в инновационные проекты. По данным рабочей группы Госсовета есть возможность снизить потребление энергоресурсов и энергии в стране более чем на 45%. При этом капиталовложения, необходимые для реализации энергосберегающих мероприятий в три раза меньше, чем альтернативные капитальные вложения, требуемые для наращивания производства такого же количества энергии [3].

Основные проблемы анализа энергетической энергоэффективности регионов:

- неравномерное распределение природных топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) по территории страны;
- неоднородные региональные природно-климатические и социально-экономические условия;
- различия в региональном спросе на энергоносители и уровень их потерь;
- различная структура потребителей энергии;
- различный потенциал энергосбережения в регионах.

Одним из способов улучшения энергетического состояния являются программы в области

энергосбережения и повышения энергоэффективности в муниципальных образованиях и субъектах Российской Федерации. Такие программы должны разрабатываться с учетом результатов анализа текущей ситуации с энергетической эффективностью на местах. Сложность такого анализа заключается в неоднозначности оценки различных факторов, влияющих на энергоэффективность, и их влияния на нее, а также в различии территориальных образований (ТО) по климатическим, социально-экономическим и другим условиям, которые необходимо учитывать при оценке уровня энергетической эффективности.

В соответствии с изложенным актуальной является проблема разработки информационной системы для анализа ситуации с энергосбережением в территориальных образованиях с целью выработки направлений повышения энергоэффективности. Созданная информационная система реализует методику факторно-целевого анализа, основанную на методологии иерархических гибридных когнитивных карт [4, 5]. Методика предполагает: построение иерархии когнитивных карт, отражающих влияние различных факторов на энергоэффективность; выделение групп территориальных образований с похожими условиями путем нечеткой кластеризации; получение лингвистических оценок факторов путем интерпретации значений индикаторов.

Описание информационной системы

Объектом анализа энергетической эффективности являются территориальные образования (ТО), например, субъекты РФ или муниципальные образования. На начальном этапе создания проекта происходит выбор необходимого множества ТО. После чего нужно построить когнитивную карту, предназначенную для описания ситуации в сфере энергетической эффективности.

Основными элементами когнитивной карты являются факторы и индикаторы. Фактор – это некоторое свойство системы, оцениваемое на качественном уровне. Индикатор – измеримый показатель, характеризующий тот или иной фактор. Для связи фактора с индикаторами используется отношение ассоциации. Между факторами устанавливается отношение влияния. Сила влияния оценивается действительным числом в интервале от -1 до 1. Каждая карта должна включать как целевые факторы, отражающие

интегрированные оценки состояния системы (подсистемы), так и управляемые, на которые можно непосредственно воздействовать, а также внешние, описывающие социально-экономические, инфраструктурные, природно-географические особенности территориальных образований. Если влияющих факторов много, они могут быть вынесены на поддиаграммы – когнитивные карты нижнего уровня. Фактор, к которому «прикреплена» дочерняя карта, становится целевым на этой карте [4, 5].

Для построения когнитивных карт в информационном системе реализован специализированный редактор (рис. 1).

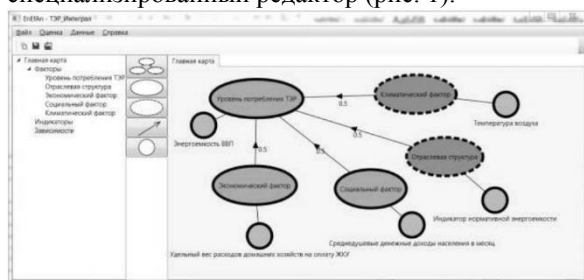


Рис. 1. Интерфейс редактора когнитивной карты

Редактор позволяет добавлять, перемещать, удалять элементы карты, связывать их, создавать подкарты. Для любого элемента карты можно вызвать окно спецификации и ввести его описание, например, для фактора вводится наименование, лингвистические значения, способ вычисления оценки.

Исходными данными для оценки факторов выступают значения индикаторов, характеризующие территориальные образования в различные периоды времени (годы). Данные вводятся пользователем в системе или загружаются из таблиц MS Excel и хранятся в базе данных.

Для анализа ситуации и оценки факторов в системе предусмотрено два режима: оценка всех факторов заданной подсистемы для выбранного территориального образования и выбранного периода времени; оценка состояния одного фактора для множества территориальных образований и выбранного периода времени.

Процедура оценивания факторов осуществляется в три этапа [5].

На первом этапе происходит оценка факторов без учета внешних ограничений. Это могут быть как внешние факторы, так и управляемые, но на которые внешние не оказывают влияния. Оценка строится с помощью процедуры нечеткой кластеризации в пространстве значений индикаторов по алгоритму Густафсона-Кесселя. Каждому полученному кластеру, в зависимости от его расположения, присваивается имя из определенного пользователем ранее списка лингвистических значений для данного фактора. Таким образом, оценкой ТО является имя кластера,

в который оно попало и степень принадлежности ему.

На втором этапе оцениваются факторы с учетом внешних ограничений, т.е. те, на которые влияют внешние факторы. Получение оценок аналогично первому этапу, но процедура кластеризации запускается отдельно для каждого кластера, полученного при оценке внешнего фактора. Это позволяет выделять подгруппы территориальных образований с приблизительно одинаковым состоянием оцениваемого фактора в рамках групп ТО с сопоставимыми внешними условиями. Например, при оценке по фактору «уровень теплопотребления» выделяются кластеры ТО с именами "низкий", "средний" и "высокий" отдельно для групп с благоприятными, умеренными и суровыми климатическими условиями.

На третьем этапе оцениваются факторы, не имеющие связанных индикаторов. Для каждого фактора, влияющего на оцениваемый фактор, рассчитывается числовая оценка путем свертки нормированных значений индикаторов, при этом в качестве весов используются коэффициенты соответствия индикаторов фактору. Затем производится свертка оценок влияющих факторов, весовыми коэффициентами выступают нормированные оценки силы влияния. Полученная числовая оценка переводится в лингвистическую на основе фаззификации по функциям принадлежности для заданного набора термов.

Результаты оценки множества факторов для одного ТО представляются либо в виде таблицы, в которой для каждого фактора указывается оценка и степень принадлежности, либо в виде дерева причин. Дерево причин формируется на основе когнитивной карты путем сопоставления каждому фактору вычисленной оценки его состояния (рис. 2).

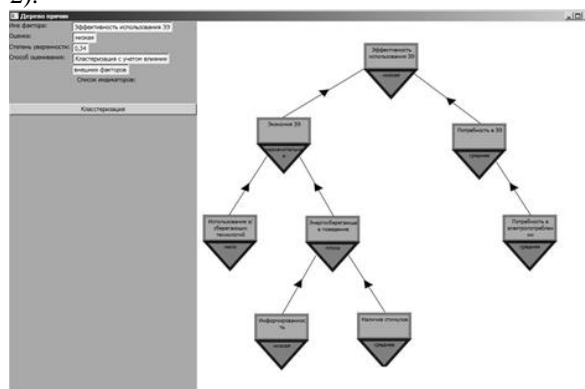


Рис. 2. Дерево причин

Пользователь может выбрать любой элемент дерева причин и получить объяснения, как была получена оценка для этого элемента, на основе каких данных.

Результаты оценивания состояния одного фактора для множества территориальных образований могут быть представлены в виде:

- таблицы, в которой для каждого ТО указывается оценка фактора и степень принадлежности;
- картограммы, которая позволяет отобразить выбранные ТО на географической карте закрашенными в цвет, соответствующий полученной оценке фактора;
- гистограммы, которая позволяет сравнить значения индикаторов, связанных с оцениваемым фактором, для выбранных ТО.

Информационная система реализована на платформе Microsoft .Net Framework с использованием технологии Windows Presentation Foundation (WPF). В системе реализована возможность сериализации/десериализации проекта в XML-документ. Исходные данные для системы, которые являются значениями индикаторов, хранятся на удаленной СУБД MySQL.

В настоящее время разрабатываются дополнительные модули, в частности, модуль оценки силы влияния факторов друг на друга, реализующий подход, основанный на регрессионном анализе и методе главных компонент, а также модуль анализа изменения и развития ситуации в сфере энергоэффективности.

Заключение

Разработанная информационная система позволяет автоматизировать выполнение процедуры анализа уровня энергетической эффективности. Система помогает не только оценить уровень энергоэффективности, но и понять причины, повлиявшие на достижение этого уровня. При этом сокращается время, затрачиваемое на проведение анализа, и повышается качество за счет возможности учета климатических и социально-экономических особенностей различных территориальных образований, а также учета неопределенностей, возникающих при интерпретации данных, характеризующих состояние энергоэффективности. Информационная система может быть полезна органам власти субъектов РФ и муниципальных районов для обоснования принятия решений по повышению энергетической эффективности при формировании программ энергосбережения.

Список использованных источников

1. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 08.05.2010 № 83-ФЗ, от 27.07.2010 № 191-ФЗ, от 11.07.2011 № 200-ФЗ, от 18.07.2011 № 242-ФЗ). Собрание законодательства Российской Федерации. - 2009 г. - № 48. - С. 5711.
2. Актуальность энергосбережения для предприятий [Электронный ресурс]. – Государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. – Режим доступа к сайту: http://gisee.ru/bussiness/actual_articles (дата обращения: 25.10.2015)
3. Гаврилова, А.А., Повышение эффективности управления энергетическим комплексом как фактор социально-экономического развития Поволжского региона. / А.А. Гаврилова, А.Г. Салов. // Специальный выпуск журнала Интеллект, инновации, инвестиции по материалам международного форума «Россия как трансформирующееся общество: экономика, культура, управление» – Оренбург., 2011. – С. 24-29.
4. Силич М.П., Силич В.А., Аксенов С.В. Анализ энергетической эффективности территорий на основе иерархии гибридных когнитивных карт // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – № 5. – С. 26-32.
5. Грибков Е.И., Силич М.П. Оценка факторов энергетической эффективности на основе анализа гибридной когнитивной карты // Инженерные исследования и достижения – основа инновационного развития: Мат-лы IV Всерос. науч.-техн. конф. 27-28 ноября 2014 г. / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2014. – С.334-338.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 13-07-00397а.